



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: 0 562 250 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 93101876.6

(61) Int. Cl. 5: C21D 1/613, C21D 1/667

(22) Anmeldetag: 06.02.93

(30) Priorität: 17.03.92 DE 4208485

D-71229 Leonberg(DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.09.93 Patentblatt 93/39

(72) Erfinder: Wünning, Joachim, Dr.-Ing.
Berghalde 20
D-71229 Leonberg(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(74) Vertreter: Rüger, Rudolf, Dr.-Ing. et al
Webergasse 3 Postfach 348
D-73704 Esslingen (DE)

(71) Anmelder: Wünning, Joachim, Dr.-Ing.
Berghalde 20

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Abschrecken metallischer Werkstücke.

(57) Zum Abschrecken erwärmer metallischer Werkstücke (15) mit einer Abschreckintensität, die in einem für Öl- oder Wasserabschreckung typischen Bereich mit einem H-Wert von 0,2 bis 4 liegt, wird als Abschreckmedium ein Kühlgas verwendet, das in Form diskreter, aus einem Düsenfeld austretender Prallstrahlen auf die zu kühlende Werkstückoberfläche zur Einwirkung gebracht wird. Bei Begrenzung der Förderleistung für das Kühlgas auf einen vorgegebenen maximalen Grenzwert von ca. 1000 kW/m² Düsenfeld wird die Abschreckintensität durch entsprechende Wahl von Gasstrahlparametern, insbesondere der Gasgeschwindigkeit w, des Gasdruckes p, der Gasstrahlquerschnittsfläche und der Zahl der Prallstrahlen pro Flächeneinheit auf einen zwischen H = 0,2 und H = 4 liegenden Wert gebracht.

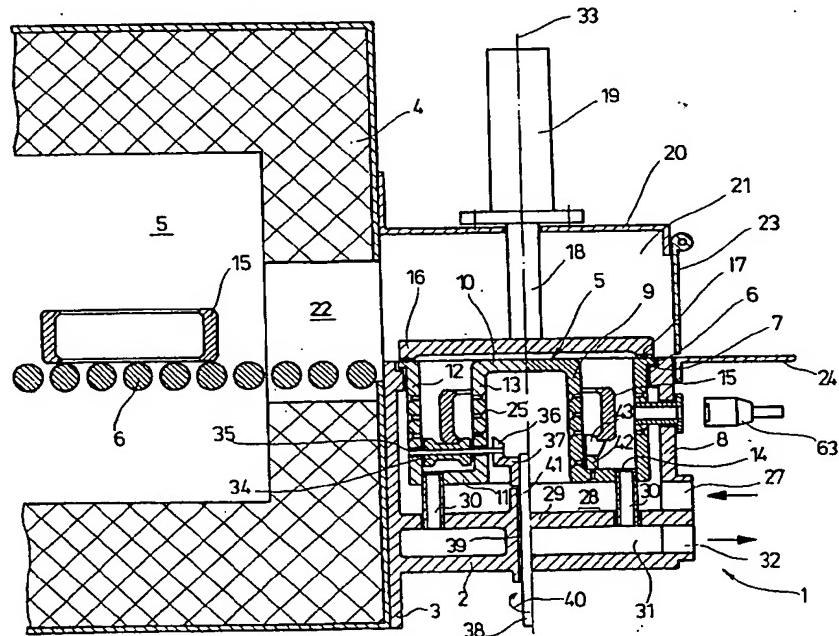


Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abschrecken metallischer Werkstücke mit einer Abschreckintensität, die in einem für Öl- oder wasserabschreckung typischen Bereich ($H = 0,2$ bis 4) liegt, bei dem ein Abschreckmedium auf die zu kühlende Oberfläche der Werkstücke zur Einwirkung gebracht wird.

Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens, insbesondere zur Behandlung rotationssymmetrischer Werkstücke, wie Ringe, Zahnräder, Scheiben, Wellen und dergleichen, mit einer Abschreckkammer, in der wenigstens ein zumindest teilweise von einem Düsenfeld begrenzter, zur Aufnahme einzelner Werkstücke dienender Raum vorgesehen ist.

Abschrecksysteme zum Härteln von Werkstücken aus Stahl und anderen Metallen haben in der Technik eine große Bedeutung, weil damit die Gebrauchseigenschaften der Werkstücke wesentlich verbessert werden. Seit langem bekannt ist das Abschrecken in Wasser oder Öl, sowie in Salzbädern oder im Wirbelbett. Neuerdings wird auch die Abkühlung der Werkstücke im Gasstrom angewendet, wobei in einer Kühlkammer eine wärmebehandelte Charge mit im Kreislauf über einen Wärmetauscher geführtem Kühlgas angeströmt wird, das in Gestalt diskreter Strahlen auf die zu kühlende Werkstückoberfläche zur Einwirkung gebracht wird. Ein mit einer solchen Abschreckvorrichtung eingerichteter Industrieofen ist in der EP 0151 700 A2 beschrieben.

Die beim Abschrecken der Werkstücke, d.h. bei deren rascher Abkühlung von Behandlungs- auf Raumtemperatur, erzielbaren Härte- und/oder Festigkeitssteigerungen im Werkstück hängen entscheidend davon ab, daß der Abkühlvorgang mit hoher Geschwindigkeit nach einem für den jeweiligen Werkstoff zweckmäßigen Temperatur-Zeitverlauf stattfindet. Dazu ist es erforderlich, während dieses Abkühlvorganges die in dem Werkstück vorhandene Wärme mit einer entsprechend hohen Wärmestromdichte über die gekühlte Oberfläche abzuführen. Die Größe der jeweils erzielbaren Wärmestromdichte hängt u.a. von dem Wärmeübergangskoeffizienten α ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$) ab. Zur Beschreibung der Abschreckwirkung oder -intensität wird in der Praxis beim Härteln von Stahl häufig ein Kennwert, der sogenannte H -Wert, nach Grossmann (M.A. Grossmann, M. Asimov, S.F. Urban "The Hardenability of Alloy Steel", ASM Cleveland, 1939, Seite 124 bis 190) benutzt. Dieser H -Wert liegt erfahrungsgemäß in einem Bereich von etwa $0,2$ bis 4 , wobei bei den bekannten Abschreckungssystemen in dem H -Wert-Bereich von $0,2$ bis 4 als Abschreckmedium durchweg nur Salzbäder, Öl oder, in dem oberen Bereich von etwa $H = 0,9$ bis 4 , lediglich Wasser verwendet werden können. Eine Gasabschreckung ist nur in einem H -Werte-Bereich von $0,1$ bis $0,2$ bekannt (vgl. bspw. "Handbuch der Fertigungstechnik", Carl Hansen Verlag München Wien Band 4/2, 1987, Seite 1014). Höhere Werte bis $\approx 0,2$ können nur mit starker Umlöpführung und/oder Überdruck erreicht werden.

Der Einsatz der bekannten Abschrecksysteme mit flüssigen Abschreckmitteln in dem H -Werte-Bereich von $0,2$ bis 4 bringt eine Reihe von grundsätzlichen Schwierigkeiten mit sich, die in der Praxis durchaus bekannt sind. Da bei Verwendung einer Flüssigkeit als Abschreckmedium die Abschreckintensität während der Abkühlung praktisch nur wenig verändert werden kann, was aber zur Vermeidung von Härterissen und Maßänderungen des Werkstückes häufig wünschenswert wäre, ergeben sich nicht selten Qualitätsprobleme, zu denen noch Kostenprobleme hinzutreten, weil die fehlende Regelbarkeit des Abschreckvorgangs nur durch teure Legierungselemente kompensiert werden kann (Ölhärtende Stähle sind legiert). Die nach dem Abkühlen auf dem Werkstück haftenden Reste von Abschrecköl, Salz oder Wasserzusätzen müssen von dem Werkstück abgereinigt und anschließend entsorgt werden, was zum Entstehen von Umweltproblemen Anlaß gibt. Schließlich ist das gebräuchlichste Abschreckmittel, nämlich Öl, feuergefährlich, mit der Folge, daß noch Sicherheitsprobleme auftreten, die besondere Vorkehrungen erforderlich machen.

Die vorgenannten Umwelt- und Sicherheitsprobleme treten bei der bekannten Gasabschreckung, wie sie bspw. in der EP 0151 700 A2 beschrieben ist, nicht auf, doch können solche bekannte Gasabschrecksysteme wegen der geringen Abschreckintensität ($H < 0,2$) selbst bei Überdruckbetrieb nur zum Härteln höher legierter Stähle benutzt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, hier abzuheben und ein Abschreckverfahren sowie eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Abschreckvorrichtung zu schaffen, die es gestatten, beim Abschreckvorgang eine Abschreckintensität in dem H -Werte-Bereich von ca. $0,2$ bis 4 zu erreichen, ohne die vorgenannten Probleme in Kauf nehmen zu müssen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist das erfahrungsgemäße Abschreckverfahren gekennzeichnet durch die Anwendung von einem Kühlgas als Abschreckmedium, das in Form diskreter, aus einem Düsenfeld austretender Prallstählen auf die zu kühlende Werkstückoberfläche zur Einwirkung gebracht wird, wobei bei Begrenzung der Förderleistung für das Kühlgas auf einen vorgegebenen maximalen Grenzwert von ca. $1000 \text{ kW}/\text{m}^2$ Düsenfeld die Abschreckintensität durch entsprechende Wahl von Gasstrahlparametern, insbesondere der Gasgeschwindigkeit w , des Gasdruckes p , der Gastrahlquerschnittsfläche und der Zahl der Prallstrahlen pro Flächeneinheit auf einen zwischen $H = 0,2$ und $H = 4$ liegenden Wert gebracht wird.

Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, daß es möglich ist, bei Verwendung eines eine entsprechend gewählte Düsenteilung t aufweisenden Düsenfeldes mit relativ kleinem wirksamen

Düsendurchmesser d und geringem Abstand h des Düsenfeldes zu der zu kühlenden Werkstückoberfläche bei gegebenenfalls erhöhtem Gasdruck p in dem Prallstrahlenfeld eines Kühlgases einen hohen Wärmeübergang von der zu kühlenden Werkstückoberfläche zu dem Kühlgasstrom zu erzielen, ohne daß dazu die für die Förderung des das Düsenfeld beaufschlagenden Kühlgases erforderliche Gebläseleistung auf einen Wert erhöht werden müßte, der das ganze Verfahren unwirtschaftlich machen würde.

Aus der EP 0151 700 A2 ist es zwar bekannt, daß sich durch die Verwendung von Düsenfeldern beim Abkühlen eines Werkstückes ein guter konvektiver Wärmeübergang von der zu kühlenden Werkstückoberfläche zu einem gasförmigen Medium erzielen läßt, doch erschien es bisher offensichtlich unmöglich, auf diese Weise die für Öl- und Wasserhärtung typischen hohen Werte der Abschreckintensität mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand zu erreichen, weil bei einer Erhöhung der Kühlgasgeschwindigkeit der Energiebedarf für die Gasförderung mit der dritten Potenz der Gasgeschwindigkeit zunimmt und deshalb eine Erhöhung der Gasgeschwindigkeit bei den Düsenfeldern bekannter Gasabschrecksysteme praktisch nicht infrage kommt.

Das neue Verfahren erlaubt es, bei der Abschreckung von metallischen Werkstücken mit den für die Salz-, Öl- oder Wasserabschreckung bekannten hohen Werten der Abschreckintensität zu arbeiten, ohne die eingangs geschilderten, bei der Verwendung von nichtgasförmigen Abschreckmedien bekannten Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Dabei ergibt sich gleichzeitig der Vorteil, daß, insbesondere in der kritischen Abschreckphase von Werkstücken aus unlegiertem und niedriglegiertem Stahl, die Abschreckintensität im Bereich von wenigen Sekunden reproduzierbar geregelt werden kann.

Die Regelung kann in einfacher Weise durch einen entsprechenden Eingriff auf das das Düsenfeld beaufschlagende, kühlgasfördernde Gebläse und/oder den Kühlgasdruck im System erfolgen.

Die praktische Erfahrung hat gezeigt, daß bei dem neuen Verfahren eine Kühlgasgeschwindigkeit w von $w = 40$ bis 200 m/sec. bei einem wirksamen Düsen Durchmesser d von $d = 0,5$ bis 10 mm in dem Düsenfeld verwendet wird, wobei in dem Düsenfeld eine Düsenteilung von t von $t = 4d$ bis $8d$ vorhanden ist und der Kühlgasdruck p in dem System bei $p = 0,5$ bis 20 bar liegt. Das Düsenfeld steht von der zu kühlenden Oberfläche in einem Abstand h von $h = 2d$ bis $8d$.

Als Kühlgas kann Luft, Stickstoff oder ein Gasgemisch verwendet werden, wobei insbesondere in Fällen, bei denen die dem Abschrecken vorangegangene Wärmebehandlung in einer Schutzgasatmosphäre stattfand, es zweckmäßig ist, als Kühlgas das Schutzgas einzusetzen.

Um die Kühlwirkung zu steigern, kann erforderlichenfalls das Kühlgas Wasserstoff oder ein anderes Gas mit gegenüber Luft erhöhter Wärmeleitfähigkeit in einem Anteil von 0 bis 100 Vol.% enthalten. Dieser Wasserstoff kann dem Kühlgas auch eigens zugesetzt werden. Der Zusatz vermindert gleichzeitig die Antriebsleistung des das Kühlgas fördernden Gebläses.

Insbesondere bei Anwendungsfällen, bei denen die Werkstücke in einer Schutzgasatmosphäre, bspw. in einer Ofenkammer erwärmt werden, ist es zweckmäßig, wenn die Werkstücke in einem Raum erwärmt und anschließend abgeschreckt werden, der für beide Vorgänge die im wesentlichen gleiche Gasatmosphäre enthält, wobei in dem Raum zumindest zeitweise auch ein Gasüberdruck aufrecht erhalten werden kann. Dies gewinnt dann an Bedeutung, wenn mit einem Kühlgas (bspw. Schutzgas) gearbeitet wird, dem zur Steigerung der Kühlwirkung Wasserstoff zugesetzt ist. Ein solcher Wasserstoffzusatz bedeutet ein gewisses Explosionsrisiko, dem aber dadurch begegnet werden kann, daß die Gasräume so klein wie möglich gehalten werden, was bei dem neuen Verfahren schon vom System her deshalb begünstigt ist, weil das Düsenfeld in einem geringen Abstand zu der zu kühlenden Werkstückoberfläche angeordnet wird, so daß sich nur kleinvolumige Spalträume ergeben, die mit dem Kühlgas gefüllt sind. Bei Erwärmung der Werkstücke in einer Schutzgasatmosphäre einer Ofenkammer erfolgt deshalb das Gasabschrecken unmittelbar am Ausgang der Ofenkammer, d.h. in einem zumindest zeitweise mit dieser gemeinsamen Raum.

Das neue Verfahren kann an sich zum Abschrecken beliebig geformter Gegenstände eingesetzt werden; wird es zum Abschrecken von hohlen, insbesondere ring- oder rohrförmigen Werkstücken verwendet, so werden dabei zweckmäßigerweise aus einem der Gestalt des Werkstückes angepaßten Düsenfeld Prallstrahlen des Kühlgases sowohl auf die äußere als auch auf die innere Mantelfläche sowie gegebenenfalls auf die Stirnfläche des Werkstückes zur Einwirkung gebracht. Schließlich kann es von Vorteil sein, wenn während des Abschreckens zumindest zeitweise eine Relativbewegung zwischen der zu kühlenden Werkstückoberfläche und den Prallstrahlen des Düsenfeldes aufrecht erhalten wird, indem bspw. ein ring- oder scheibenförmiges Werkstück - oder das Düsenfeld - gedreht wird, während das jeweils andere Teil stillsteht.

Eine zur Durchführung des neuen Verfahrens eingerichtete Abschreckvorrichtung weist eine Abschreckkammer auf, in der wenigstens ein zumindest teilweise von einem Düsenfeld begrenzter, zur Aufnahme einzelner Werkstücke dienender Raum vorgesehen ist. Dieser Raum ist erfindungsgemäß im wesentlichen geschlossen ausgebildet, wobei das Düsenfeld der Gestalt der zu kühlenden Oberfläche des eingebrachten

Werkstückes angepaßt gestaltet und derart angeordnet und bemessen ist, daß im Betrieb die zu kühlende Oberfläche des Werkstückes im wesentlichen mit diskreten Prallstrahlen des Kühlgases unter Erzeugung einer Abschreckintensität beaufschlagt ist, die in einem für Öl- oder Wasserabschreckung typischen Bereich (H = 0,2 bis 4) liegt, wobei die Förderleistung von das Düsenfeld beaufschlagenden Gebläsemitteln auf einen maximalen Grenzwert von ca. 1000 kW/m² des Düsenfeldes begrenzt ist.

5 Wenigstens einige Düsen des Düsenfeldes können mit wahlweise betätigbaren Drossel- und/oder Verschlußmitteln versehen sein, um die Abschreckwirkung erforderlichenfalls an bestimmten Stellen der Oberfläche des Werkstückes zu beeinflussen, insbesondere zu dämpfen. Auch kann das Düsenfeld zumindest teilweise an einem auswechselbar in die Abschreckkammer eingefügten Einsatzteil ausgebildet
10 sein, so daß die Abschreckvorrichtung auf einfache Weise an jede Werkstückform angepaßt werden kann. In der Regel ist für jede Werkstückform nämlich ein spezielles Düsenfeld erforderlich.

In der Abschreckkammer können Antriebsmittel zum Drehen des eingesetzten, insbesondere rotations-symmetrischen Werkstückes und/oder zumindest eines Teiles des Düsenfeldes vorgesehen sein. Diese Antriebsmittel können entweder von außerhalb der Abschreckkammer in diese hineinwirkend ausgebildet
15 sein und/oder ein mit Kühlgas beaufschlagbares Turbinenelement aufweisen, das den Vorteil mit sich bringt, daß keine zusätzliche Antriebsquelle notwendig ist. Insbesondere bei leichteren rotationssymmetrischen Werkstücken, wie Ringen, Zahnrädern, Scheiben, Wellen und dergleichen läßt sich auf diese Weise eine sehr gleichmäßige Abkühlung am Umfang erzielen. Der von dem Düsenfeld in der Abschreckkammer umgrenzte Raum kann auch als Druckraum ausgebildet sein, so daß während des Abschreckvorganges der
20 Druck im Abschrecksystem erhöht werden kann, womit sich die Kühlwirkung weiter steigern läßt.

Einer der großen Vorteile des neuen Abschreckverfahrens und der nach diesem Verfahren arbeitenden Abschreckvorrichtung besteht darin, daß die Abschreckintensität in ihrem zeitlichen Verlauf, und damit der Temperatur-/Zeitverlauf der Abkühlung des Werkstückes entsprechend den Erfordernissen des jeweiligen Werkstückes und dessen Werkstoff in vorgegebener reproduzierbarer Weise gesteuert oder geregelt
25 werden können. Dazu kann die Abschreckvorrichtung einen Prozeßrechner zur Steuerung des zeitlichen Verlaufs des Abkühlvorganges aufweisen, dem als Eingangssignale Prozeßdaten wie Mengenstrom, Druck, Temperatur und Zusammensetzung des Kühlgases etc. und werkstückspezifische Daten, wie geometrische Gestalt und Abmessungen, Stoffzusammensetzung etc. und/oder für das Düsenfeld kennzeichnende Daten zugeführt werden und der daraus programmgemäß berechnete Ausgangssignale zur Beeinflussung der
30 Kühlgasbeaufschlagung des Düsenfeldes und/oder des wirksamen Kühlgasdurchtrittsquerschnittes zumindest einiger Düsen des Düsenfeldes und/oder einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Düsenfeld abgibt. Durch Programmsteuermittel können auch die Kühlwirkung an der abzukühlenden Werkstückoberfläche durch entsprechende Beeinflussung von Geschwindigkeit und/oder Druck der Prallstrahlen und/oder des wirksamen Durchtrittsquerschnittes von Düsen des Düsenfeldes im Sinne der
35 Nachbildung der Abschreckwirkung einer Öl- oder Wasserbadhärtung beeinflußt werden. Auf diese Weise kann durch Drosselung der Kühlwirkung nach einer vorgegebenen Temperatur-/Zeitkurve durch entsprechende Reduzierung der Kühlgasgeschwindigkeit und/oder des Kühlgasdruckes etc. der Effekt einer Öl- oder Warmbadhärtung in Salz nachgeahmt werden.

Insbesondere mit Rücksicht auf die Reduktion der Explosionsgefahr bei Verwendung eines Wasserstoff-
40 zusatzes zu dem Kühlgas, sowie mit Rücksicht auf die Verringerung der Gebläseleistung für die Förderung des Kühlgases ist es häufig von Vorteil, wenn die Abschreckvorrichtung unmittelbar an den Ausgang der eine Schutzgasatmosphäre enthaltenden Ofenkammer eines kontinuierlichen Durchlaufofens, insbesondere eines Rollenherdofens, im wesentlichen gasdicht angeschlossen ist. Die Abschreckvorrichtung kann dazu eine mit der Ofenkammer in Verbindung stehende Be- und Entladekammer aufweisen, die nach außen zu
45 durch eine wahlweise betätigbare Tür verschlossen ist. Auch kann die Be- und Entladekammer mit dem von dem Düsenfeld umgrenzten Raum durch wahlweise betätigbare Verschlußmittel verbunden sein, die es erlauben, den Abschreckvorgang unter Kühlgasüberdruck - zumindest zeitweise - ablaufen zu lassen.

Bei kleineren Stückzahlen der zu behandelnden Werkstücke werden diese in der Regel einzeln hintereinander jeweils in die Abschreckkammer eingebracht, dort abgeschreckt und sodann ihrer Weiterverwendung zugeführt. Um die Durchsatzleistung zu erhöhen, kann die Abschreckvorrichtung aber auch mehrere nebeneinander angeordnete und parallel zueinander betreibbare Abschreckkammern aufweisen. Schließlich kann die Anordnung derart getroffen sein, daß die Abschreckvorrichtung mehrere hintereinander liegende Abschreckkammern aufweist, die gegebenenfalls unter Zwischenschaltung von anderen Behandlungsstationen, etwa zum Kalibrieren der Werkstücke etc., durch eine Transporteinrichtung miteinander
55 verbunden sind, wobei die Abschreckkammern zum Betrieb mit unterschiedlicher Abschreckwirkung eingerichtet sind. Damit ist es bspw. möglich, mit unterschiedlichen Kühlgasenrittstemperaturen eine Stufenabköhlung zu erreichen.

- In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:
- Fig. 1 ein Diagramm zur Veranschaulichung der erfindungsgemäß erreichbaren Abschreckintensitäten für verschiedene Gasdüsenfelder im Vergleich mit herkömmlichen Abschrecksystemen,
 - Fig. 2 eine Abschreckvorrichtung gemäß der Erfindung, im axialen Schnitt, in einer Seitenansicht, in schematischer Darstellung und angebaut an den Ausgang der Ofenkammer eines Rollenherdofens,
 - Fig. 3 das Düsenfeld der Abschreckvorrichtung nach Fig. 2, im axialen Schnitt, in einer Prinzipdarstellung und in einem anderen Maßstab,
 - Fig. 4 die Anordnung nach Fig. 3, geschnitten längs der Linie A-A der Fig. 3, in einer Draufsicht,
 - Fig. 5 die Kühlgasversorgungseinrichtung der Abschreckvorrichtung nach Fig. 1, zusammen mit der zugehörigen Steuerungseinrichtung, in einer schematischen Darstellung,
 - Fig. 6 eine Ringhärteanlage mit zwei hintereinander geschalteten Abschreckvorrichtungen gemäß der Erfindung, in einer schematischen Teildarstellung und in der Draufsicht, und
 - Fig. 7 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Temperatur-Zeit-Verlaufs bei der erfindungsgemäß Abkühlung eines Ringes in einem Gasdüsenfeld, mit einem Düsendurchmesser von $d = 2$ mm.

Die mit bekannten Abschrecksystemen, welche als Abschreckmedium insbesondere Gas, Salze, Öl oder Wasser benutzen, am Werkstück erzielbare Abschreckwirkung, die sogenannte Abschreckintensität, ist beschrieben durch den sogenannten H-Wert, in dem linken Teil des Diagramms nach Fig. 1 dargestellt. Daraus ergibt sich, daß in dem in der Praxis infrage kommenden H-Werte-Bereich von etwa 0,05 bis 4 die größte Abschreckintensität, d.h. die schroffeste Abkühlung, sich bisher nur bei Verwendung von Wasser als Abschreckmedium erzielen ließ. Der H-Wert für ein Wasserabschrecksystem liegt bei ca. 0,8 bis 4. Mit Öl als Abschreckmedium lassen sich, abhängig davon, ob die Abschreckung milde oder schroff durchgeführt wird, H-Werte von ca. 0,3 bis 1 erzielen, während Warmbadabschrecksysteme im Salz mit einem H-Wert von ca. 0,2 bis 0,4 arbeiten. Die mit bekannten Gasabschrecksystemen erreichbare Abschreckintensität ist verhältnismäßig niedrig; sie liegt in einem H-Wert-Bereich von bis zu max. ca. $H = 0,2$. Für die Gasabschreckung von Werkstücken im durchströmten Stapel ist es bekannt, daß der H-Wert bisher in der Größenordnung von 0,1 liegt.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß es überraschenderweise möglich ist, die Gasabschreckung bei aus Stahl bestehenden Werkstücken derart durchzuführen, daß eine Abschreckintensität in einem für Öl- oder Wasserabschreckung typischen Bereich von $H = 0,2$ bis 4 erreicht wird, und zwar ohne daß dabei die Gasgeschwindigkeit auf praktisch nicht realisierbare hohe Werte gebracht oder unwirtschaftlich große Gasmengen umgewälzt werden müßten, d.h. ohne daß die Förderleistung für das Kühlgas einen vorbestimmten wirtschaftlich vertretbaren oberen Grenzwert überschreitet.

Um bei der Anwendung von Kühlgas als Abschreckmedium die dem hohen H-Werte-Bereich von 0,2 bis 4 entsprechende große Abschreckintensität zu erzielen, wird bei dem neuen Verfahren das Kühlgas in Form diskreter, aus einem Düsenfeld austretender Prallstrahlen auf die zu kühlende Werkstückoberfläche zur Einwirkung gebracht, wobei durch entsprechende Wahl von Gasstrahlparametern, insbesondere der Gasgeschwindigkeit W , des Gasdruckes P , der Gasstrahlquerschnittsfläche und der Zahl der Prallstrahlen pro Flächeneinheit die Abschreckintensität regelbar eingestellt wird.

Dies wird im folgenden anhand einer nach dem neuen Abschreckverfahren arbeitenden Abschreckvorrichtung für Wälzlagerringe erläutert, die in den Fig. 2 bis 5 dargestellt ist:
Die Abschreckvorrichtung 1 (Fig. 2) weist ein Gehäuse 2 auf, das einen ringumlaufenden Anschlußflansch 3 trägt, mit dem es gasdicht an die Außenwand eines Rollenherdofens 4 angesetzt ist, dessen Ofenkammer 45 mit 5 bezeichnet und dessen Rollenherd bei 6 angedeutet sind. Das im wesentlichen kastenförmige Gehäuse 2 bildet die eigentliche Abschreckkammer. In es ist von oben her ein topfförmiger zylindrischer Einsatz 5 eingesetzt, der mit einem randseitigen Flansch 6 abgedichtet auf eine entsprechende Ringschulter 7 einer ihn im seitlichen Abstand umschließenden Gehäusewand 8 aufgesetzt ist.

Der Einsatz 5 ist mit einem hohzländrischen Mittelteil 9 ausgebildet, das an der oberen Stirnseite 50 durch eine angeformte Stirnwand 10 verschlossen ist und das an der gegenüberliegenden Stirnseite sich an eine ebenfalls angeformte, radial nach außen erstreckende kreisrunde Ringfläche 11 anschließt, die in eine angeformte äußere zylindrische Wand 12 übergeht, welche koaxial zu der innenliegenden Zylinderwand 13 des Mittelteiles 9 angeordnet ist. Die äußere und die innere Zylinderwand 12,13 umschließen gemeinsam mit der Ringwand 11 einen zylindrischen Ringraum 14, dessen Größe in Axial- und Radialrichtung so bemessen ist, daß er gerade einen Wälzlagerring 15 aufnehmen kann, der das abzukühlende Werkstück bildet. Nach oben zu ist der Ringraum 14 während des Abschreckvorganges durch einen wahlweise betätigbaren Deckel 16 verschlossen, der in der in Fig. 2 dargestellten Schließstellung randseitig über eine Dichtung 17 auf dem Einsatz 5 abgedichtet aufliegt. Der Deckel 16 ist mit der Kolbenstange 18 eines

pneumatischen Hubzylinders 19 verbunden, welcher auf einer einen Teil des Gehäuses 2 bildenden Haube 20 befestigt ist, die gemeinsam mit dem Einsatz 5 und der Gehäuseseitenwand 8 einen Be- und Entladerraum 21 begrenzt. Der Be- und Entladerraum 21 steht unmittelbar, d.h. ohne dazwischengeschaltete Schleuse, über den Ofenausgang 22 mit der Ofenkammer 5 in Verbindung. Er ist auf der gegenüberliegenden Seite durch eine Tür 23 verschlossen, welche wahlweise geöffnet und geschlossen werden kann.

Unterhalb der Tür ist mit der Oberseite des Einsatzes 5 fluchtend ein Ablegetisch 24 an die Gehäuseseitenwand 8 angesetzt.

Die innere und die äußere Zylinderwand 12, 13 des Einsatzes 5 sind mit radialen zylindrischen Düsenbohrungen 25 versehen, die achsparallel zueinander im wesentlichen horizontal ausgerichtet angeordnet sind. Jede der Düsenbohrungen 25 ist auf der Außenseite der äußeren Zylinderwand 12 und auf der Innenseite der inneren Zylinderwand 13 mit einer trichterförmigen Ansenkung 26 ausgebildet.

Die von beiden Seiten her in den Ringraum 14 mündenden Düsenbohrungen 25 bilden ein Düsenfeld, das über seine axiale Höhe den Ringraum 14 sowohl auf der Innen- als auch auf der Außenseite seitlich umgrenzt.

Im Betrieb sind die Düsenbohrungen 25 mit einem Kühlgas beaufschlagt, das über einen Leitungsanschluß 27 einem in dem Gehäuse 2 ausgebildeten Druckraum 28 zugeführt wird, der in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise oben durch den Einsatz 5 abgeschlossen ist und der die innere und die äußere Zylinderwand 12, 13 und die Ringwand 11 jeweils einseitig umgibt. Das durch die Düsenbohrungen 25 des Düsenfeldes in den Ringraum 14 einströmende Kühlgas wird über wenigstens zwei die Ringwand 11 und die Bodenwand 29 des Druckraumes 28 abgedichtet durchquerende Leitungsstutzen 30 in einen Sammelraum 31 des Gehäuses 2 geleitet, der mit einem Leitungsanschluß 32 in Verbindung steht und unterhalb des Druckraumes 28 angeordnet ist.

In dem Ringraum 14 sind Auflagemitte für den abzuschreckenden Wälzlagerring 15 angeordnet, die diesen jeweils in der richtigen Höhenlage und im richtigen Abstand bezüglich der Düsenbohrungen 25 des Düsenfeldes halten. Diese Auflagemitte sind bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel derart gestaltet, daß sie den koaxial zu dem Einsatz 5 und radial mittig zwischen den Düsenfeldabschnitten in der äußeren und der inneren Zylinderwand 12, 13 gehaltenen Wälzlagerring 15 während des Abschreckvorganges um die bei 33 (Fig. 2) angedeutete Achse des Einsatzes 5 in Umdrehung versetzen können.

Um dies zu erreichen, können verschieden gestaltete Antriebsmittel verwendet werden, von denen in Fig. 2 zwei Ausführungsformen veranschaulicht sind:

Auf der links der Achse 33 liegenden Seite sind Antriebs- und Auflagemitte dargestellt, die aus einer Anzahl nebeneinander angeordneter Bundrollen 34 bestehen, deren Länge geringfügig kürzer als die radiale Breite des sie aufnehmenden Ringraumes 14 ist und die auf radialen Wellen 35 sitzen, welche abgedichtet in entsprechenden Lagern der inneren und der äußeren Zylinderwand 14 gelagert sind. Jede Welle 35 trägt auf ihrem in dem Hohlraum des Innenteils 9 liegenden Endteil ein aufgekeiltes Kegelrad 36, das mit einem gemeinsamen Tellerrad 37 in Eingriff steht. Das Tellerrad 37 sitzt seinerseits auf einer Antriebswelle 38, die koaxial zu der Achse 33 in einer entsprechenden Lagerbohrung 39 des Gehäuses 2 drehbar gelagert ist. Die Welle 38 wird von einer nicht weiter dargestellten Antriebsquelle im Sinne des in Fig. 2 bei 40 angedeuteten Pfeiles in Umdrehung versetzt. Im Bereich ihrer Durchführung durch den Druckraum 28 ist sie bei 41 abgedichtet.

Eine alternative Ausführungsform ist in Fig. 2 rechts der Achse 33 dargestellt. Die Antriebs- und Auflagemitte sind dabei durch einen Turbinenring 42 gebildet, der in dem Ringraum 14 auf der Ringwand 11 und der inneren Zylinderwand 13 drehbar gelagert ist. Der Turbinenring 42 weist eine bei 43 angedeutete Beschaufelung auf, auf der der Wälzlagerring 15 aufliegt. Sein Antrieb erfolgt im Betrieb über Düsenbohrungen 25, die im Bereich der Ringwand 11 unterhalb des Turbinenringes 43 angeordnet und von dem Druckraum 28 her mit Kühlgas beaufschlagbar sind.

Der Aufbau des von den Düsenbohrungen 25 gebildeten Düsenfeldes ist im einzelnen in den Fig. 3,4 anhand eines schematischen Modells des Einsatzes 5 und des diesen umgebenden Gehäuses 2 veranschaulicht. Bei dieser Modelldarstellung sind mit Fig. 2 gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

In dem Düsenfeld sind die zylindrischen Düsenbohrungen 25 mit gleichem Durchmesser d und in gleicher Düsenteilung t angeordnet. Das Düsenfeld umfaßt bei diesem Ausführungsbeispiel drei in gleichen Abständen t , d.h. entsprechend der seitlichen Düsenteilung t angeordnete Düsenbohrungsreihen (vergl. Fig. 3). Der abzuschreckende Wälzlagerring 15 ist in dem Ringraum 14 auf lediglich durch die Auflagekanten 44 angedeuteten Antriebs- und Auflagemitte in einer solchen Höhe koaxial zu der Achse 33 angeordnet, daß er in Axialrichtung symmetrisch zu den drei übereinanderliegenden Düsenbohrungsreihen liegt (vergl. Fig. 3). Außerdem sitzt der Wälzlagerring 15 radial mittig in der Ringkammer 14, was bedeutet, daß der radiale Abstand h zwischen dem Düsenfeld und der Außen- bzw. Innenumfangsfläche des Wälzlagerrings gleich groß ist. Da die Düsenbohrungen 25 des Düsenfeldes rechtwinklig zu der Achse 33 orientiert sind, sind sie

auch rechtwinklig zu der inneren und äußereren Umfangsfläche des Wälzlagerringes 15 gerichtet. Aus den Düsenbohrungen 25 austretende Gasstrahlen treffen deshalb in Form diskreter Prallstrahlen auf die äußere und innere Umfangsfläche des Wälzlagerringes 15 auf.

Das beschriebene Düsenfeld weist folgende charakteristische Abmessungen auf:

5 Düsenbohrungsdurchmesser $d = 0,5$ bis 10 mm

Düsenbohrungsteilung $t = 4d$ bis $8d$

Abstand des Düsenfeldes von der zu kühlenden Werkstückoberfläche $h = 2d$ bis $8d$.

Im Betrieb ist der Druckraum 28 über den Leitungsanschluß 27 von einem Gebläse 45 (Fig. 5) mit einem Kühlgas beaufschlagt, wobei der Gesamtdruck im System, d.h. in dem Druckraum 28 $P = 0,5$ bis 20 bar beträgt.

10 Die Gasgeschwindigkeit $w = 40$ bis 200 m/sec. am Austritt der Düsenbohrungen 25.

Da der das Düsenfeld tragende Einsatz 5 herausnehmbar in das Gehäuse 8 eingefügt ist, kann das Düsenfeld in einfacher Weise durch Austausch der Einsätze 5 an verschiedene Abmessungen und Größen der abzuschreckenden Wälzlagerringe 15 oder anderer ringförmiger Werkstücke angepaßt werden. Wichtig 15 ist in jedem Fall, daß das Düsenfeld der Form des abzukühlenden Werkstückes möglichst genau folgt, um eine möglichst gleichmäßige Beaufschlagung der abzukühlenden Werkstückoberfläche mit aus den Düsenbohrungen 25 des Düsenfeldes austretenden Prallstrahlen des Kühlgases zu gewährleisten. Bei der Behandlung von ring- oder scheibenförmigen Werkstücken, Zahnrädern und dergleichen ergeben sich entsprechend der Werkstückform andere Gestaltungen des Einsatzes 5 und dessen das Düsenfeld tragenden 20 Teile. Das Düsenfeld kann, wie im vorliegenden Fall, aus mehreren Abschnitten bestehen, die innen und außen oder oben und unten liegende Werkstückoberflächen kühlen. Der Düsenbohrungsdurchmesser d und der Abstand h zu der zu kühlenden Werkstückoberfläche sind immer verhältnismäßig klein.

Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Abschreckvorrichtung 1 unmittelbar an den Ausgang des Rollenherdfens 4 angeschlossen, dessen grundsätzlicher Aufbau bspw. in der DE-PS 38 16 503 25 beschrieben ist. Bei geöffnetem Deckel 16 steht der Ringraum 14 deshalb mit der Ofenkammer 5 unmittelbar in Verbindung, die eine Schutzgasatmosphäre enthält. Damit finden die Erwärmung der Wälzlagerringe 15 und deren anschließendes Abschrecken im Düsenfeld der Abschreckvorrichtung 1 in einem gemeinsamen Schutzgasraum statt, was es erlaubt, Schutzgas zu sparen und die Zeit, die sonst für etwaige Schleusenvorgänge erforderlich wäre, zu vermeiden. Das bei Wasserstoffzusatz zu dem Schutzgas 30 vorhandene Explosionsrisiko wird gleichzeitig auf ein Minimum reduziert.

Grundsätzlich kann der Deckel 16 (Fig. 2) auch weggelassen werden, wenn es mit Rücksicht auf die Gestalt und den Werkstoff des abzukühlenden Werkstückes möglich ist, mit einem verhältnismäßig geringen Kühlgasdruck in dem Ringraum 14 das Auslagen zu finden. Es ist auch möglich, die Erwärmung und das Abschrecken im Düsenfeld der Abschreckvorrichtung 1 in einem gemeinsamen, von der Ofenkammer 5 und dem Ringraum 14 gebildeten Überdruckraum vorzunehmen, wenn die Wände dieser Räume entsprechend 35 überdruckfest ausgebildet sind. Damit kann ebenfalls die durch den Deckel 16 gebildete Druckschleuse entfallen.

Die Kühlgasversorgung der Abschreckvorrichtung 1 ist in Fig. 5 veranschaulicht:

40 Das druckseitig über den Leitungsanschluß 27 den Druckraum 28 mit Kühlgas beaufschlagende Gebläse 45 ist saugseitig über einen Gaskühler 46 mit einem Kühlmittelstellglied 47 mit dem Leitungsanschluß 32 des Gehäuses 2 verbunden. An das zwischen dem Gaskühler 46 und dem Leitungsanschluß 32 liegende Kühlgasleitungsstück 48 ist über ein Stellventil 49 ein Gasentspannungsbehälter 50 angeschlossen, von dem über einen Druckregler 51 eine Abgasleitung 52 abgeht, die gegebenenfalls wieder in die Ofenkammer 5 zurückführt. Auf der Druckseite des Gebläses 45 sind an dessen Druckleitung 53 über Stellventile 54, 55 45 zwei Druckgasflaschen 56, 57 angeschlossen, die Zusatzgas, bspw. Wasserstoff Und/oder Stickstoff enthalten. Außerdem liegen in der Druckleitung 53 Sensoren 58, 59, 60, 61 für den Mengenstrom, die Temperatur, den Druck und die Zusammensetzung des in den Druckraum 28 eingespeisten Kühlgases.

50 Diese Sensoren sind ausgangsseitig mit einem Prozeßrechner 62 verbunden, dem sie für die von ihnen überwachten Kenngrößen charakteristische Signale übermitteln. Außerdem erhält der Prozeßrechner 62 für die Ist-Temperatur des abzuschreckenden Wälzlagerringes 15 kennzeichnende Signale, die von einem Temperatursensor 63 geliefert werden, welcher über ein in die Gehäuseseitenwand 8 und den Einsatz 5 druckdicht eingesetztes Fenster 64 die äußere Umfangsfläche des Wälzlagerringes abfühlt.

Aus den von den Sensoren 58 bis 61 empfangenen prozeßspezifischen Signalen (Mengenstrom, 55 Temperatur, Druck und Zusammensetzung des Kühlgases) sowie aus vorher eingegebenen Daten, die für das zu behandelnde Werkstück 15 (Geometrie und Werkstoffwerte) sowie das Düsenfeld kennzeichnend sind, errechnet der Prozeßrechner 62 Ausgangssignale zur Steuerung des Gebläses 45, der die Zusatzgasmenge beeinflussenden Stellventile 54, 55 des Kühlmittelstellventiles 47 und des in den Entspannungsbehälter 50 führenden Stellventiles 49. Zusammen mit den von dem Temperatursensor 63 empfangenen

Signalen für die Ist-Temperatur des Werkstücks 15 regelt der Prozeßrechner 62 auf diese Weise selbsttätig den Abschreckvorgang an dem in dem Ringraum 14 befindlichen Werkstück, wobei er weitgehend jeden vorgegebenen Temperatur-Zeitverlauf an der abzukühlenden Oberfläche des Werkstückes 15 einregeln kann.

5 Bei dem Betrieb der beschriebenen Anlage werden die Werkstücke in Form der Wälzlagerringe 15 auf dem Rollenherd 6 fortlaufend durch die Ofenkammer 5 geführt und in deren darin enthaltener Schutzgasatmosphäre auf Härtetemperatur erwärmt. Nach Abschluß dieser Erwärmung gelangen die Wälzlagerringe 15 einzeln aufeinanderfolgend durch den Ofenausgang 22 (Fig.2) in den Be- und Entladerraum 21 der Abschreckvorrichtung 1, deren Deckel 16 sich bei geschlossener Tür 23 in der geöffneten oberen Stellung 10 befindet. Der jeweils in der Be- und Entladekammer 21 eintreffende Wälzlagerring 15 fällt in die Ringkammer 14, in der er auf den Antriebs- und/oder Auflagemitteln, bspw. auf den Bundrollen 35 oder dem Turbinenring 42, lagerichtig zu liegen kommt. Sodann wird der Deckel 16 geschlossen; das Gebläse 45 (Fig. 5) wird eingeschaltet, und der Druckraum 28 wird mit Kühlgas beaufschlagt, das das gleiche Schutzgas ist wie es in der Ofenkammer 5 enthalten ist.

15 Das aus den Düsenbohrungen 25 austretende Kühlgas trifft in Form von Prallstrahlen auf die zu kühlende äußere und innere Umfangsfläche des Wälzlagerrings 15 auf, wo es eine schroffe gleichmäßige Abkühlung des sich drehenden Wälzlagerrings 15 bewirkt. Das von dem Wälzlagerring 15 abströmende Kühlgas wird über die Leitungsstutzen 30 von dem Gebläse 45 abgesaugt, wobei ihm in dem Gaskühler 46 die aufgenommene Wärmemenge entzogen wird. Der Temperatur-Zeitverlauf der Abkühlung wird von dem 20 Prozeßrechner 62 in bereits beschriebener Weise geregelt. Nach erreichter Abkühlung auf die gewünschte Temperatur werden das Gebläse 45 abgestellt, der Deckel 16 geöffnet und der abgekühlte Wälzlagerring 15 von einem nicht dargestellten Manipulator aus dem Ringraum 14 entnommen und bei kurzzeitig geöffneter Tür 23 auf dem Ablagetisch 24 abgelegt. Nach Schließen der Tür 23 ist die Abschreckvorrichtung zum Abkühlen des von dem Rollenherd nächstfolgend herangeführten Wälzlagerringes 15 bereit.

25 Die auf die beschriebene Weise durch Gasabschreckung in dem Düsenfeld erzielbare Abschreckintensität ist in dem Diagramm nach Fig. 1 auf der rechten Seite im Vergleich zu den Abschreckintensitäten veranschaulicht, wie sie bei den bekannten Abschrecksystemen erzielbar sind. Dargestellt sind vier Düsenfelder, deren Düsenbohrungsdurchmesser d jeweils 1, 2, 4 und 8 mm beträgt. Die Düsenteilung t und der Düsenfeldabstand h betragen $5 \times d$. Die Gasgeschwindigkeit w ist 100 m/sec.

30 Die für die Gasförderung erforderliche Leistung des Gebläses 45 beträgt ungefähr

$$N = 50 \times p \cdot (1 - 0,009 \cdot \text{Vol\% H}_2) \text{ in kW je m}^2 \text{ Düsenfeld},$$

sie überschreitet in keinem Fall einen maximalen Grenzwert von 1000 kW je m² Düsenfeld.

35 Für jeden Düsenbohrungsdurchmesser d ist der Gasdruck p durch eine Skala zwischen 1 und 8 bar eingetragen.

Aus dem Diagramm ist zu ersehen, daß sich die Abschreckintensität mit kleiner werdendem Düsenbohrungsdurchmesser d zunehmend erhöht. Man wird deshalb aus den in Fig. 1 dargestellten vier Düsenfeldern mit $d = 1, 2, 4$ und 8 im Interesse einer möglichst geringen Gebläseleistung nach Möglichkeit das 40 kleinste Düsenfeld, z.B. mit $d = 1 \text{ mm}$, auswählen. Das Diagramm zeigt, daß man dabei schon ohne Überdruck die Abschreckwirkung oder -intensität einer mittleren Ölabschreckung ($H = 0,4$ bis $0,7$) erzielen kann, und dies bei einer Gebläseleistung von 35 bis 50 kW je m² Düsenfeld.

Düsenbohrungsdurchmesser $< 1 \text{ mm}$ sind wegen der Verschmutzungsgefahr und wegen des geringen Abstandes nur in Sonderfällen anwendbar.

45 Dagegen kann es notwendig werden, den Düsenbohrungsdurchmesser d und damit gleichzeitig den Abstand h des Düsenfeldes von der abzukühlenden Werkstückoberfläche zu erhöhen, wenn die abzuschreckenden Werkstücke größer sind oder eine besonders geformte Oberfläche aufweisen, wie dies bspw. bei Zahnrädern der Fall ist. Bei gleichem H -Wert muß dies durch einen höheren Druck p und eine in gleichem Maße höhere Gebläseleistung kompensiert werden.

50 Allgemein gilt, daß sich die Abschreckintensität mit Erhöhung des Druckes p des Kühlgases und durch Verringerung des Düsenbohrungsdurchmessers d bei geringem Abstand h erhöhen läßt. Eine weitere Erhöhung läßt sich durch Zusatz eines Gases mit im Vergleich zu Luft hoher Wärmeleitfähigkeit, insbesondere Wasserstoff, erreichen, der in Ofenschutzgasen ohnehin häufig enthalten ist. Eine vergleichbare Wirkung hätte ein Heliumzusatz, der aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel aber nicht infragekommt. Das Diagramm der Fig. 1 zeigt, daß es mit einem Wasserstoffzusatz von bspw. 40 Vol.-%, bei einem Düsenbohrungsdurchmesser von 1 mm und einem Druck von 8 bar ohne weiteres möglich ist, Abschreckintensitäten zu erreichen, wie sie für Wasserabschreckung typisch sind ($H = 2$).

Die anhand der Fig. 2 bis 5 erläuterte Abschreckvorrichtung hat angebaut an einen kontinuierlichen Durchlaufofen, bspw. den Rollenherdofen 4, u.a. den Vorteil, daß sie gemeinsam mit dem Durchlaufofen unmittelbar in einer Fertigungsstraße für Werkstücke angeordnet werden kann, die vor ihrer Weiterverarbeitung einer Wärmebehandlung und anschließenden Abschreckung bedürfen. Dies ist bspw. bei Ölabschreck-
 5 systemen schon wegen der damit verbundenen Feuergefahr nicht ohne weiteres möglich. Dabei kann der ganze Wärmebehandlungsvorgang automatisiert werden, wobei auch erforderlichenfalls der Werkstückdurchsatz pro Zeiteinheit erhöht werden kann, während gleichzeitig die Möglichkeit besteht, die Werkstücke ggf. einer Stufenabkühlung mit unterschiedlichen Gaseintrittstemperaturen in den einzelnen Stufen, eventuell sogar mit dazwischen geschalteten Operationen zum Kalibrieren der Werkstücke etc., zu unterwerfen.

10 Dies sei kurz anhand der Fig. 6 erläutert:

Auf dem Rollenherd 6 des Rollenherdofens 4 werden in diesem Falle die Wälzlagerringe 15 in drei Reihen parallel nebeneinander durch die Ofenkammer 5 transportiert. Sowie die vorderste Reihe der kontinuierlich durchtransportierten Wälzlagerringe 15 eine in der Nähe des Ofenausgangs 22 angeordnete Lichtschranke 65 unterbricht, wird ein anschließender, zu der Abschreckvorrichtung führender, ausgangsseitiger Abschnitt 15 66 des Rollenherdes 6 von einem Schnellgangantrieb 67 angetrieben, der die Wälzlagerringreihe unter Vergrößerung des Abstandes zu der nachfolgenden Wälzlagerringreihe durch den Ofenausgang 22 in eine erste Kühlstation A transportiert. In der Kühlstation A sind drei Abschreckvorrichtungen 1 parallel nebeneinander in einem gemeinsamen Gehäuse 68 untergebracht, das unmittelbar an die Ausgangsseite des Rollenherdofens 4 angeflanscht ist und dessen Kühlgassein- und -auslässe in Fig. 6 durch zwei Pfeile 69, 70 20 angedeutet sind. Jede der Abschreckvorrichtungen 1 ist entsprechend Fig. 2 gestaltet.

Nachdem die Wälzlagerringe parallel nebeneinanderliegend gleichzeitig in den drei Abschreckvorrichtungen 1 der ersten Kühlstation A auf einen vorbestimmten ersten Temperaturwert abgekühlt sind, werden sie von nicht weiter dargestellten Manipulatoren in die drei nachgeschalteten Abschreckvorrichtungen 1 einer gleich aufgebauten zweiten Kühlstation B überführt, in der die Abkühlung auf 25 Raumtemperatur erfolgt, worauf die jeweils aus drei nebeneinanderliegenden Wälzlagerringen 15 bestehende Werkstückgruppe über den gemeinsamen Ablagetisch 24 abtransportiert wird.

Der Temperatur-Zeit-Verlauf bei dieser Stufenabschreckung ist in Fig. 7 dargestellt und anhand des nachfolgenden Beispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens erklärt:

30 Beispiel:

Ein Ring 15 eines Rollenlagers aus dem Werkstoff 100 Cr6 wird anstelle der üblichen Ölabschreckung im Düsenfeld gehärtet.

35

Werkstückdaten:	
Außendurchmesser:	140 mm
Innendurchmesser:	116 mm
Ringbreite:	40 mm
Masse:	1,5 kg
Oberfläche (außen u. innen):	0,032 m ²
Masse/Oberfläche:	47 kg/m ²

40

45 Da die kritische Kühlzeit von 800 auf 500 °C für diesen Stahl etwa 10 Sekunden beträgt, ist ein H-Wert von 0,8 erforderlich, entsprechend einer schroffen Ölabbühlung. Bei der Ringgröße und -breite wird das Düsenfeld 2 (Fig. 1) ausgewählt.

50

55

Düsensystem 2	
Düsendurchmesser d:	2 mm
Düsenteilung t:	10 mm
Abstand zu gekühlten Fläche h:	10 mm
Anzahl der Düsen außen:	200
Anzahl der Düsen innen:	126
Gesamtzahl der Düsen:	326
Düsensystemfläche:	0,032 m ²
Düsenumfang insgesamt:	0,001 m ²
Gasgeschwindigkeit:	100 m/s
Gasstrom:	360 m ³ /h

5

10

15

Variante 1

für H = 0,8 in Phase I

20

Kühlgas (50°C) : 40% N₂, 20% CO, 40% H₂ (Vol.%)
 Endogas aus Erdgas

25

Gesamtdruck P : 2,5 bar (nach Fig.1)

30

Gebläseleistung N : 80 kW/m² ≤ 2,5 kW

35

Variante 2

für H = 0,8 in Phase I

40

Kühlgas (50°C) : 100% N₂

45

Gesamtdruck P : 6 bar (nach Fig.1)

50

Gebläseleistung N : 320 kW/m² ≤ 10 kW

Die Gebläseleistung bei Variante 1 ist vergleichbar mit der einer Umwälzpumpe eines Ölbades. Bei einer Kühlzeit von ca. 20 Sekunden je Ring beträgt der Energiebedarf je kg Härtegut 0,01 kWh für Variante 1 und 0,04 kWh für Variante 2.

In der Abschreckphase ist nach 10 Sekunden die Temperatur im Kern des sich drehenden Rings auf 500°C abgekühlt. Nach 18 Sekunden wird an der Oberfläche des Rings 280°C erreicht (optische Kontrolle) und die Kühlung abgestellt (Kühlstation A).

In der Phase II kann der Ring noch vor der Martensitbildung bei definierter Temperatur kalibriert werden.

In der Phase III wird der Ring in einer weiteren Düsenstation mit einem unterkühlten Umwälzgas bis auf etwa 0°C zur vollständigen Martensitbildung abgekühlt (Kühlstation B).

Die kritische Abkühlzeit von 800 auf 500°C, die bei dem Beispiel ca. 10 Sekunden beträgt, kann bei unlegierten und niedriglegierten Stählen noch kürzer sein. Die dazu erforderliche sehr schnelle Regelung

der Abschreckwirkung und die dazu nötigen sehr kurzen Bewegungsabläufe der Abschreckvorrichtung 1 lassen sich im Gegensatz zu den Verhältnissen bei bekannten Gaskühlleinrichtungen mit der Erfindung ohne weiteres in reproduzierbarer wirtschaftlicher Weise erreichen. Der notwendige Wärmeübergang zwischen der abzukühlenden Werkstückoberfläche und dem Gasstrom mit hohen Werten des Wärmeübergangskoeffizienten α kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit den Düsenfeldern mit relativ kleinem Düsen-

5 durchmesser d und geringem Abstand h zu der zu kühlenden Werkstückoberfläche erreicht werden. Da die Wärmestromdichten an der Werkstückoberfläche in den ersten Sekunden bis in den Bereich von MW/m² gehen und es somit zu einer beachtlichen Gaserwärmung kommt, können, wie sich gezeigt hat, die α -Werte

10 den Vorgang nicht richtig beschreiben. Es wird deshalb zur Kennzeichnung der Abschreckwirkung der beim Härten von Stahl gebräuchliche H-Wert benutzt. Das Härteergebnis am Werkstück, d.h. der Härteverlauf

15 über den Querschnitt des Werkstücks an der gehärteten Oberfläche, hängt von dem Werkstoff, d.h. der Stahllegierung, von dem Querschnitt und von der Abschreckintensität (H-Wert) ab. Aus dieser bekannten Beziehung kann der H-Wert an einem gehärteten Werkstück aus Stahl bestimmt werden. Dazu werden in der Praxis häufig insbesondere zylindrische Probestücke verwendet (vgl. bspw. "Technologie der Wärmebehandlung von Stahl", VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, 2. Auflage, Seite 604).

Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ist das Düsenfeld mit zylindrischen Düsenbohrungen 25 bestückt. Grundsätzlich wäre es auch denkbar, andere Querschnittsformen, bspw. Schlitzdüsen oder dergleichen zu verwenden, worauf der Ordnung halber hingewiesen sei. Als Kühlgas können alle für den jeweiligen Einsatzzweck brauchbaren Gase und Gasmischungen verwendet werden, darunter auch Luft,

20 Stickstoff und dergleichen.

Bei dem neuen Verfahren werden die Werkstücke 15 durchweg einzeln abgeschreckt, weil es in der Regel nur auf diese Weise möglich ist, das Düsenfeld eng genug an die Form der abzukühlenden Werkstückoberfläche anzupassen und in ausreichend kleinem Abstand zu dieser anzuordnen. In bestimmten Fällen, bspw. bei ringförmigen Werkstücken, ist es aber auch vorstellbar, mehrere Werkstücke etwa 25 übereinander in einen von Düsenfeldern umgrenzten Raum einzubringen und in diesem zu behandeln, wobei dann allerdings auch Vorsorge getroffen sein muß, daß die Anpassung der Düsenfelder an die Werkstückoberflächengestalt gewährleistet bleibt. Ein Werkstück kann auch aus mehreren kleinen Einzelteilen bestehen, bspw. aus kleinen Schrauben etc. die in kleiner, gleichmäßiger Schütt Höhe auf einem gasdurchlässigen Träger, etwa in einem Drahtkorb liegen. Das Düsenfeld beaufschlagt dann die Ober- und/oder die Unterseite der Schüttung, deren Abmessungen und Gestalt das Düsenfeld angepaßt ist.

Abhängig von der Form und Gestalt der zu behandelnden Werkstücke kann gelegentlich die Notwendigkeit auftreten, in bestimmten Bereichen der abzukühlenden Werkstückoberfläche eine andere, insbesondere geringere Abschreckintensität zu erzielen. Dies kann bspw. dadurch erreicht werden, daß Düsenbohrungen 25 des Düsenfeldes - einzeln oder gruppenweise - mit Verschluß- oder Drosselinrichtungen 35 versehen werden. Ein Beispiel dafür ist in Fig. 3 in Gestalt eines Blenderringes 70 veranschaulicht, der auf der äußeren Zylinderwand 13 des Einsatzes 5 längsverstellbar angeordnet ist.

Anhand von Fig. 2 wurde erläutert, daß der Wälzlagerring 15 während des Abkühlens gegenüber dem ortsfesten Düsenfeld gedreht wird. Alternativ könnte die Anordnung naturgemäß auch derart getroffen sein, daß der Wälzlagerring 15 feststeht, während der Einsatz 5 und damit das Düsenfeld eine Drehbewegung 40 ausführen. Auch axiale Auf- und Abbewegungen des Werkstückes und/oder des Düsenfeldes sind denkbar und mit einfachen mechanischen Mitteln zu erzielen.

Anhand von Fig. 7 wurde eine zweistufige Abkühlung der Wälzlagerringe 15 in zwei hintereinander geschalteten Kühlstationen A und B erläutert. Eine solche Aufteilung in mehrere hintereinanderliegende Kühlstationen ist häufig nicht erforderlich. Durch entsprechende Programmierung des Prozeßrechners 62 45 kann auch erreicht werden, daß nach einer vorgegebenen Zeit durch eine programmgemäße Reduzierung der Gasgeschwindigkeit w und/oder des Gasdruckes p eine Drosselung der Kühlwirkung herbeigeführt wird, um dadurch den Effekt einer Öl- oder Warmbadhärtung im Salz nachzuahmen.

Patentansprüche

- 50 1. Verfahren zum Abschrecken metallischer Werkstücke, mit einer Abschreckintensität, die in einem für Öl- oder Wasserabschreckung typischen Bereich ($H = 0,2$ bis 4) liegt, bei dem ein Abschreckmedium auf die zu kühlende Oberfläche der Werkstücke zur Einwirkung gebracht wird, gekennzeichnet durch die Anwendung von einem Kühlgas als Abschreckmedium, das in Form diskreter, aus einem Düsenfeld austretender Prallstrahlen auf die zu kühlende Werkstückoberfläche zur Einwirkung gebracht wird, wobei bei Begrenzung der Förderleistung für das Kühlgas auf einen vorgegebenen maximalen Grenzwert von ca. 1000 kW/m² Düsenfeld die Abschreckintensität durch entsprechende Wahl von Gasstrahlparametern, insbesondere der Gasgeschwindigkeit w, des Gasdruckes p, der Gasstrahlquerschnittsfläche

che und der Zahl der Prallstrahlen pro Flächeneinheit auf einen zwischen $H = 0,2$ und $H = 4$ liegenden Wert gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschreckintensität durch Beeinflussung von Gasstrahlparametern und/oder des wirksamen Düsenquerschnitts geregelt oder gesteuert wird.
- 5 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kühlgasgeschwindigkeit w von $w = 40$ bis 200 m/sec. verwendet wird.
- 10 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kühlgasdruck p von $p = 0,5$ bis 20 bar verwendet wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Düsenfeld ein wirksamer Düsendurchmesser d von $d = 0,5$ bis 10 mm verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Düsenfeld eine Düsenteilung t von $t = 4 d$ bis $8 d$ verwendet wird, wobei d der wirksame Düsendurchmesser ist.
- 20 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Düsenfeld von der zu kühlenden Oberfläche in einem Abstand h von $H = 2d$ bis $8d$ angeordnet ist, wobei d der wirksame Düsendurchmesser ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Kühlgas Luft, Stickstoff oder ein Gasgemisch verwendet wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Kühlgas ein Schutzgas verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlgas Wasserstoff oder ein anderes Gas mit gegenüber Luft erhöhter Wärmeleitfähigkeit in einem Anteil von 0 bis 100 Vol.% enthält.
- 30 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstücke in einem Raum erwärmt und anschließend abgeschreckt werden, der für beide Vorgänge die im wesentlichen gleiche Gasatmosphäre enthält.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem von dem Düsenfeld zumindest teilweise umgrenzten Raum wenigstens zeitweise ein Gasüberdruck aufrecht erhalten wird.
- 40 13. Verfahren nach den Ansprüchen 9 und 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasatmosphäre aus Schutzgas besteht.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es zum Abschrecken von ring- oder rohrförmigen Werkstücken verwendet wird und daß dabei aus einem der Gestalt der Werkstücke angepaßten Düsenfeld Prallstrahlen des Kühlgases sowohl auf die äußere als auch auf die innere Mantelfläche sowie gegebenenfalls auf die Stirnflächen des Werkstückes zur Einwirkung gebracht werden.
- 45 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Abschreckens zumindest zeitweise eine Relativbewegung zwischen der zu kühlenden Werkstückoberfläche und den prallstrahlen aufrecht erhalten wird.
16. Abschreckvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere zur Behandlung rotationssymmetrischer Werkstücke, wie Ringe, Zahnräder, Scheiben, Wellen und dergleichen, mit einer Abschreckkammer, in der wenigstens ein zumindest teilweise von einem Düsenfeld begrenzter, zur Aufnahme einzelner Werkstücke dienender Raum vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Raum (14) im wesentlichen geschlossen ausgebildet ist, und daß das

Düsenfeld der Gestalt der zu kühlenden Oberfläche des eingebrachten Werkstückes (15) angepaßt gestaltet und derart angeordnet und bemessen ist, daß im Betrieb die zu kühlende Oberfläche des Werkstücks (15) im wesentlichen mit diskreten Prallstrahlen des Kühlgases unter Erzeugung einer Abschreckintensität beaufschlagt ist, die in einem für Öl- oder Wasserabschreckung typischen Bereich von $H = 0,2$ bis 4 liegt, wobei die Förderleistung der das Kühlgas fördernden Gebläsemittel (45) auf einen maximalen Grenzwert von ca. 1000 kW/m^2 Düsenfeld begrenzt ist.

- 5 17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Raum (4) als Überdruckraum mit einer druckfest verschließbaren Be- und Entladeöffnung ausgebildet ist.
- 10 18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einige Düsen (25) des Düsenfeldes mit wahlweise betätigbaren Drossel- und/oder Verschlußmitteln (70) versehen sind.
- 15 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Düsenfeld zumindest teilweise an einem auswechselbar in ein Gehäuse (2) eingefügten Einsatzteil (5) ausgebildet ist.
- 20 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19 dadurch gekennzeichnet, daß sie Antriebsmittel (38) zum Drehen des in den Raum (14) eingesetzten Werkstückes (15) und/oder zumindest eines Teiles des Düsenfeldes aufweist.
- 25 21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmittel ein mit Kühlgas beaufschlagbares Turbinenelement (42) aufweisen.
- 30 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 21 dadurch gekennzeichnet, daß dem zumindest teilweise von dem Düsenfeld begrenzten Raum (14) eine Meßeinrichtung (63, 64) für die Werkstücktemperatur während der Abkühlung zugeordnet ist.
- 35 23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 22 dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Prozeßrechner (62) zur Steuerung des zeitlichen Verlaufs des Abkühlvorganges aufweist, dem als Eingangssignale Prozeßdaten, wie Mengenstrom, Druck, Temperatur und Zusammensetzung des Kühlgases etc. und werkstückspezifische Daten, wie geometrische Gestalt und Abmessungen, Stoffzusammensetzung etc. und/oder für das Düsenfeld kennzeichnende Daten zugeführt werden, und der daraus programmgemäß berechnete Ausgangssignale zur Beeinflussung der Kühlgasbeaufschlagung des Düsenfeldes und/oder des wirksamen Kühlgasdurchtrittsquerschnittes zumindest einiger Düsen (25) des Düsenfeldes und/oder einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück (15) und dem Düsenfeld abgibt.
- 40 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß sie Programmsteuermittel (62) aufweist, durch die die Kühlwirkung der Prallstrahlen an der abzukühlenden Werkstückoberfläche durch entsprechende Beeinflussung von Geschwindigkeit w und/oder Druck p der Prallstrahlen und/oder des wirksamen Durchtrittsquerschnittes von Düsen (25) des Düsenfeldes im Sinne der Nachbildung der Abschreckwirkung einer Öl- oder Warmbadhärtung im Salz beeinflußbar ist.
- 45 25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß sie unmittelbar an den Ausgang der eine Schutzgasatmosphäre enthaltenden Ofenkammer (5) eines kontinuierlichen Durchlaufofens, insbesondere eines Rollenherdfens (4) angeschlossen ist.
- 50 26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine mit der Ofenkammer (5) in Verbindung stehende Be- und Entladekammer (21) aufweist, die nach außen zu durch eine wahlweise betätigbare Tür (23) verschlossen ist.
- 55 27. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16 und 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Be- und Entladekammer (21) mit dem von dem Düsenfeld zumindest teilweise umgrenzten Raum (14) durch wahlweise betätigbare Verschlußmittel (16) verbunden ist.
- 60 28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß sie mehrere nebeneinander angeordnete und parallel zueinander betreibbare, zur gleichzeitigen Abschreckung eingerichtete, zumindest teilweise von einem Düsenfeld umgrenzte Räume (14) aufweist.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß sie mehrere hintereinanderliegende, jeweils von einem Düsenfeld zumindest teilweise umgrenzte Räume (14) aufweist, die gegebenenfalls unter Zwischenschaltung von anderen Behandlungsstationen von den zu behandelnden Werkstücken (15) nacheinander durchlaufbar sind und die zum Betrieb mit unterschiedlichen Abkühlbedingungen eingerichtet sind.
- 5
30. Abschreckvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück aus kleinen Teilen besteht, die auf einen gasdurchlässigen Träger mit geringer gleichmäßiger Schüttung aufgebracht sind, und daß das Düsenfeld den Abmessungen und der Gestalt der Ober-
10 und/oder Unterseite der Schüttung angepaßt ist.

15

20

25

30

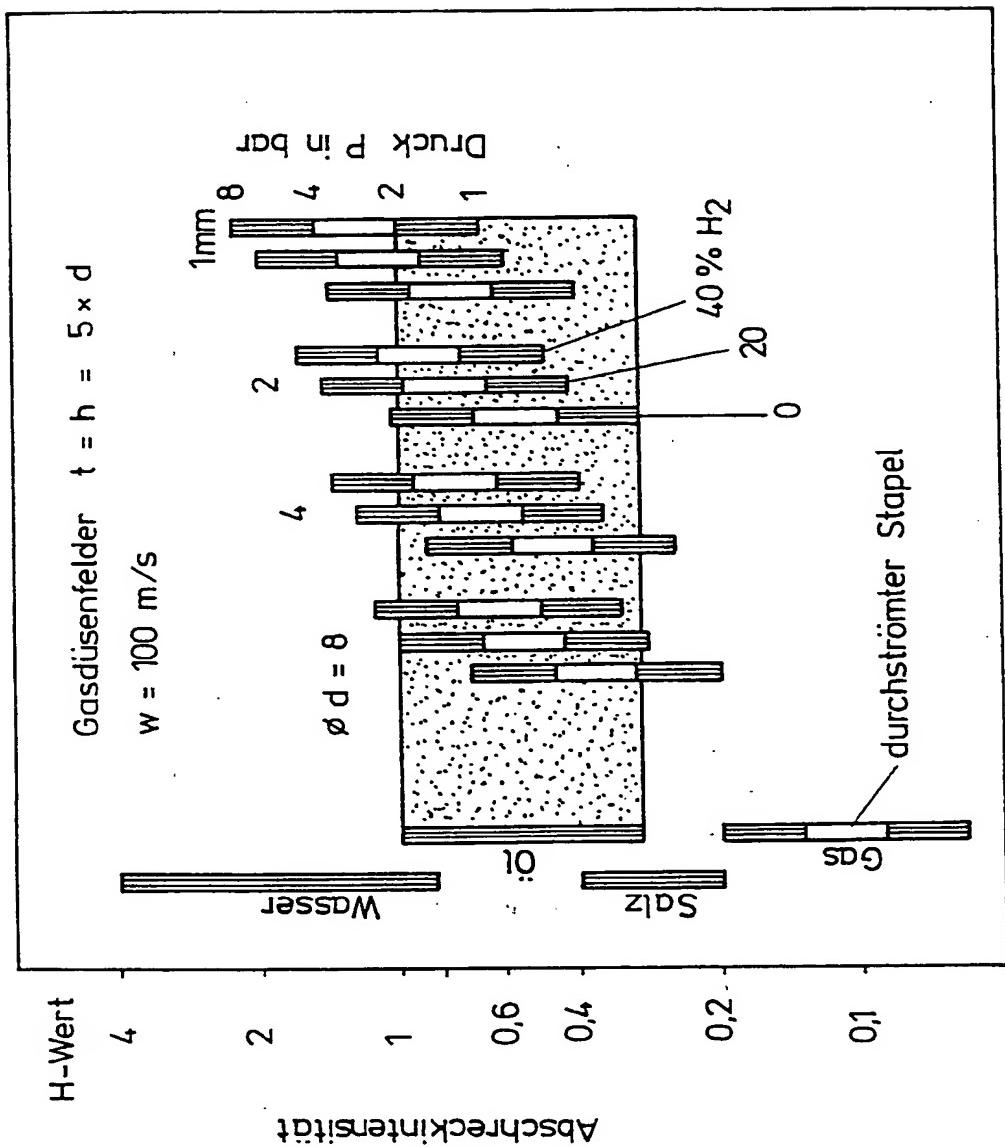
35

40

45

50

55



三

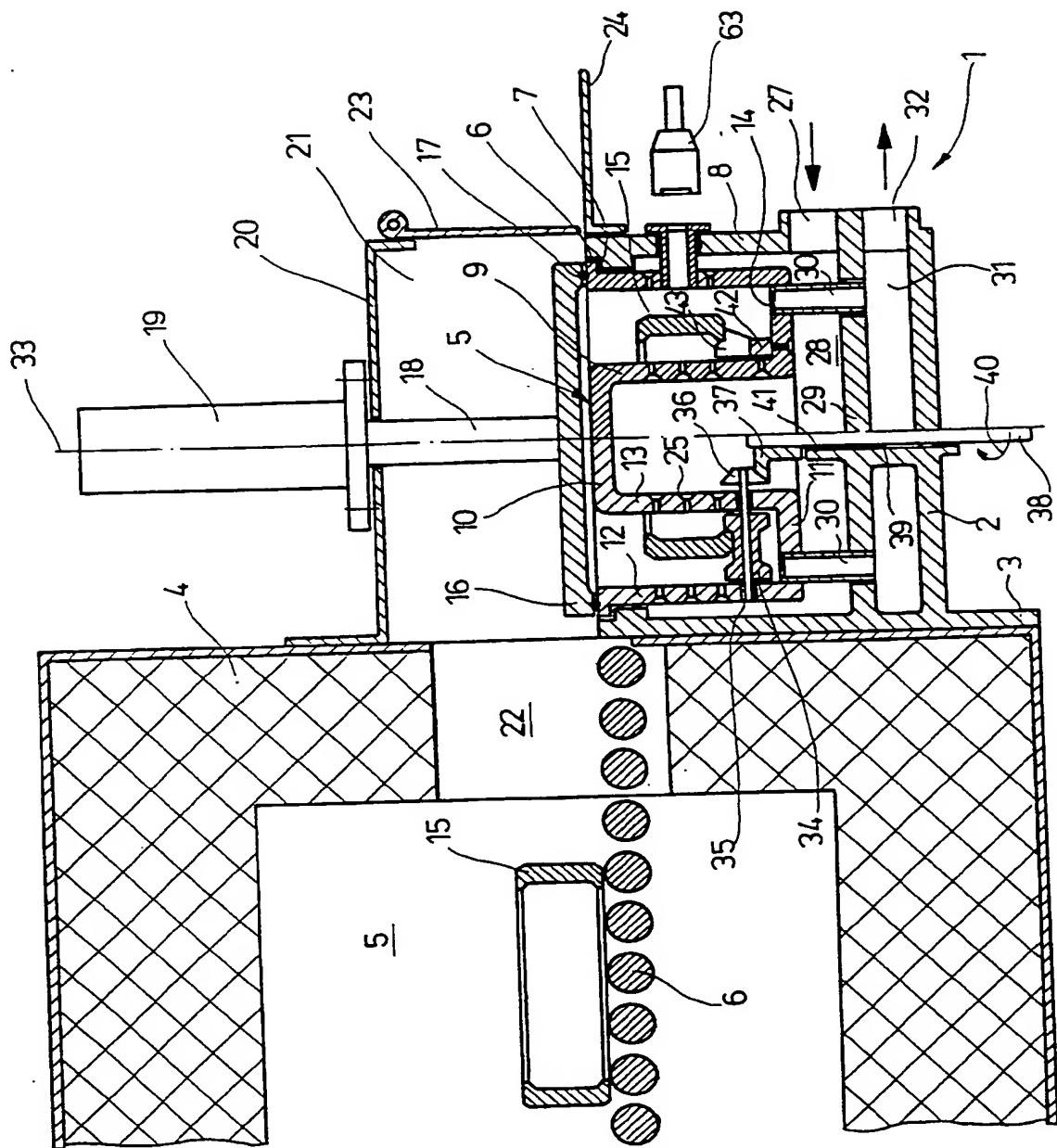


Fig. 2

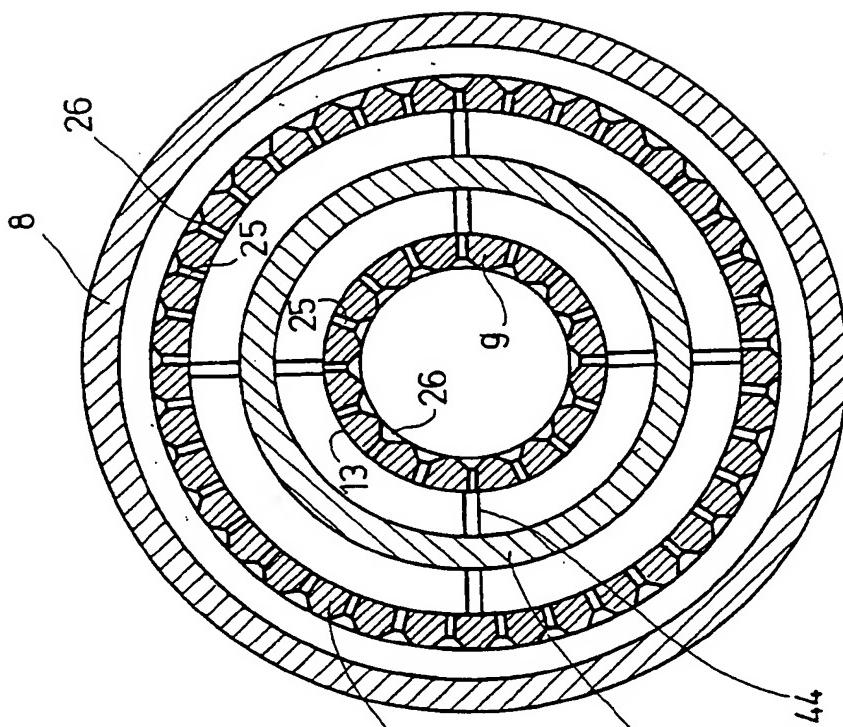


Fig. 4

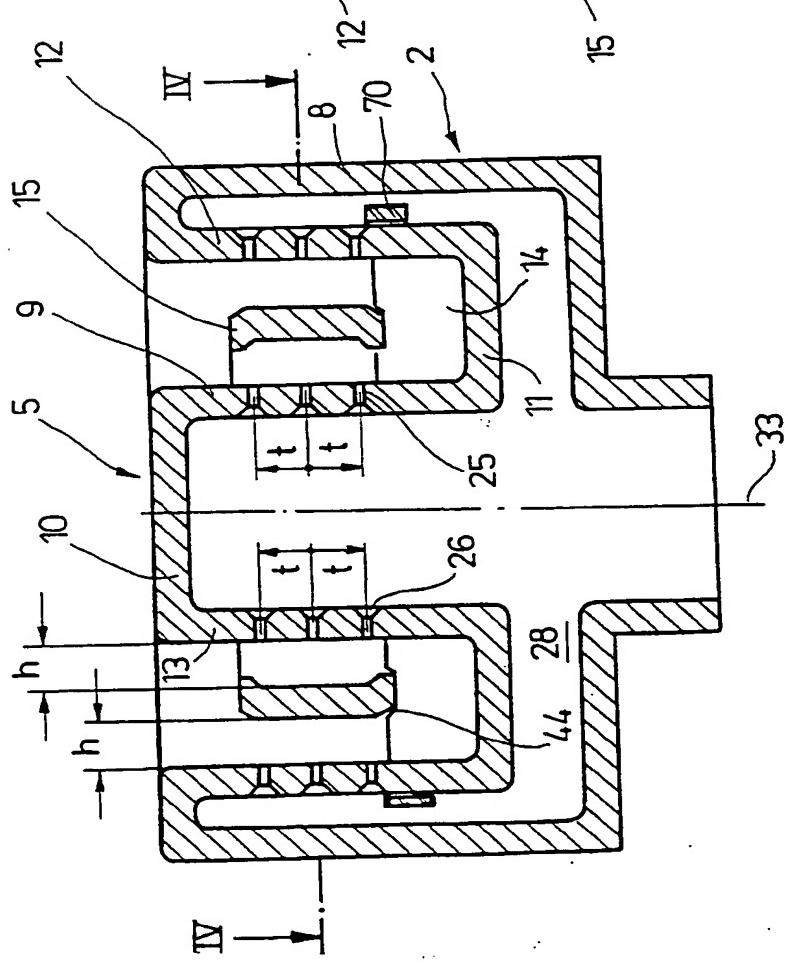
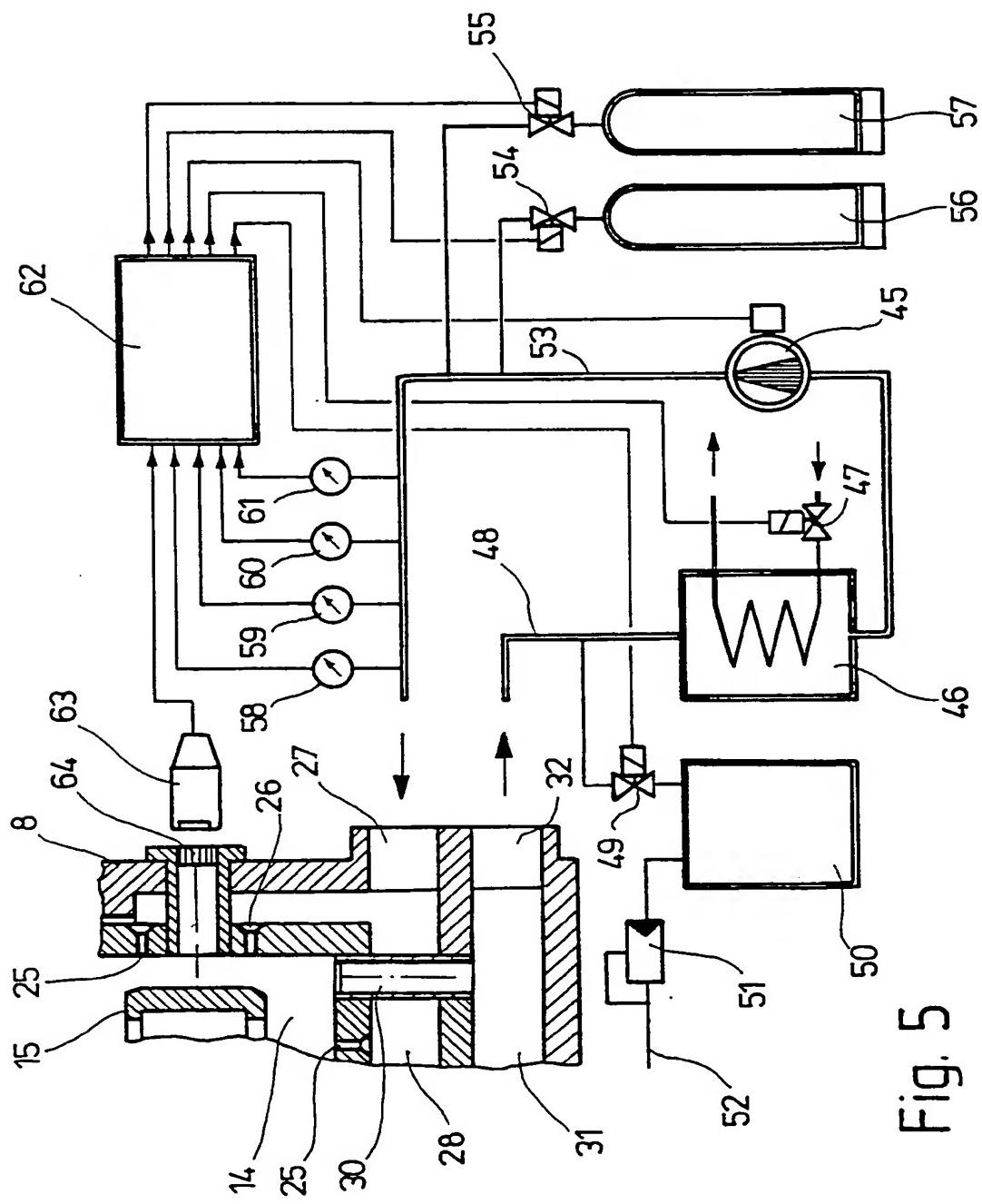


Fig. 3



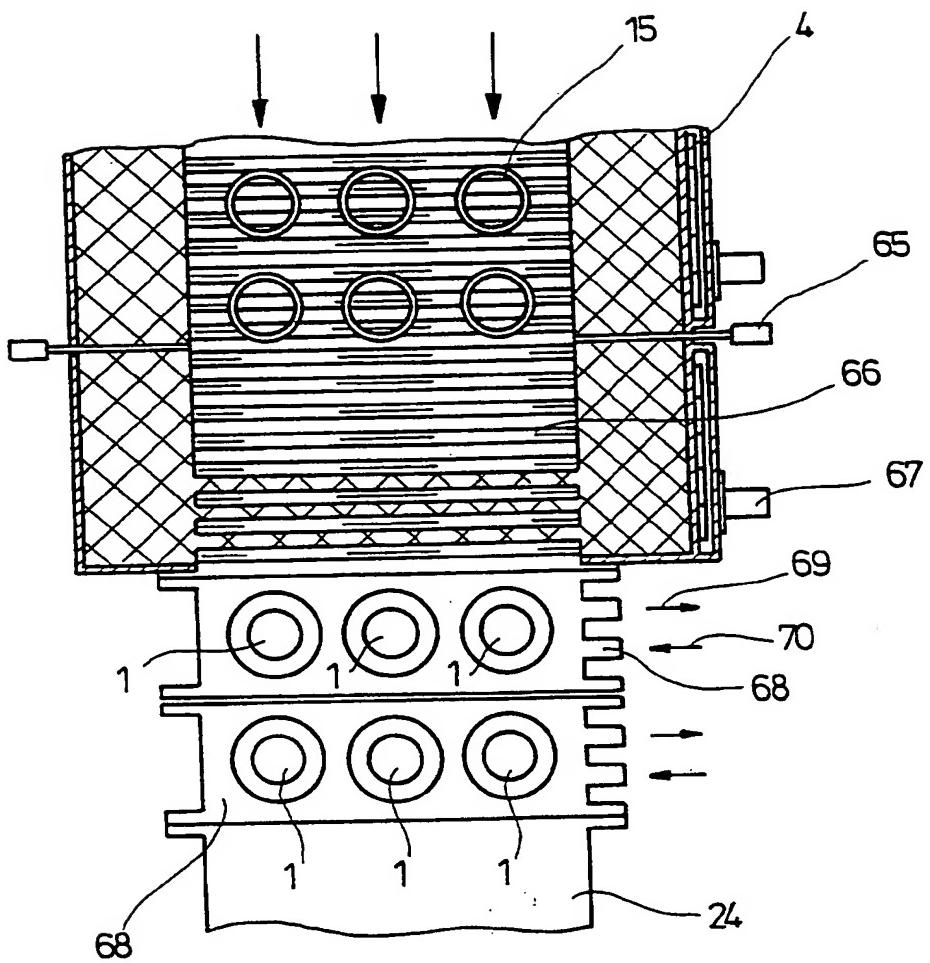


Fig. 6

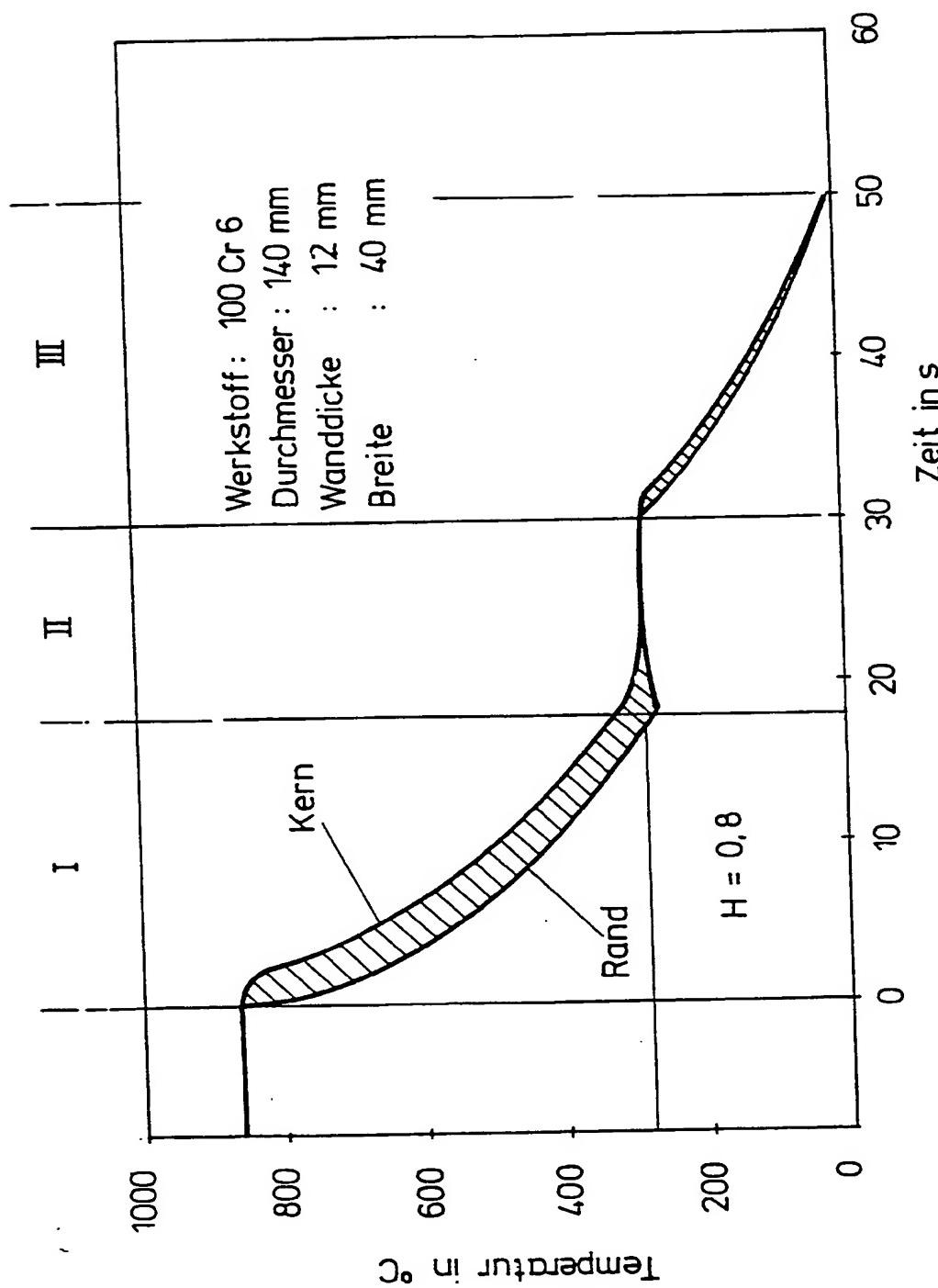


Fig. 7



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 10 1876

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieb Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 313 888 (DEGUSSA A.G.) * das ganze Dokument * ---	1,2,4,8, 10,11,14	C21D1/613 C21D1/667
A	EP-A-0 120 233 (WÜNNING J.) * Seite 3, Zeile 32 - Seite 16, Zeile 29; Ansprüche 1,7-13,15-19; Abbildungen 1,4 *	1,9-11, 13,15, 16,22, 25,29,30	
A	WO-A-8 912 111 (WINGENS U.) * Seite 2, Zeile 9 - Seite 8, Zeile 10; Ansprüche 1-3; Abbildungen 1,2 *	1,4,10, 11,16	
A	DE-A-2 601 658 (MAHLER J.F.) * Seite 4, Absatz 2 - Seite 9, Absatz 2; Ansprüche 1,5-8; Abbildung 1 *	1,9-11, 13,15, 16,19, 22,25	
A	EP-A-0 129 701 (SCHMETZ INDUSTRIEOFENBAU & VAKUUM-HARTLÖTTECHNIK K.G.) * Seite 1, Zeile 1 - Seite 8, Zeile 17; Ansprüche 1-4; Abbildungen 1,2 *	1,2,8, 16,19, 22-24, 28,29	C21D RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechercheort	Abschlußdatum der Recherche		Prüfer
DEN HAAG	14 JULI 1993		BLASBAND I.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anders Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

This Page Blank (uspto)